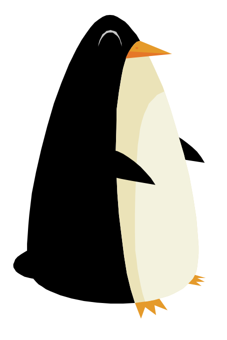
TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE DENSIDAD EN POBLACIONES ANIMALES

Cuando se desea estudiar una población, la primera determinación que se obtiene es su abundancia o tamaño de la población en los distintos hábitats o ambientes donde los individuos viven. Por lo general la abundancia se suele expresar como ***densidad*** que es el número de individuos relativo a algún recurso crítico. Generalmente el espacio es considerado un recurso crítico por lo que se define densidad como el número de individuos por unidad de área (ej. pumas/ha, mejillones/m^2, colémbolos/cm^2, copépodos/cm^3, etc).
Podemos definir dos tipos de densidades de acuerdo al área considerada: ***densidad bruta*** (considera el área total que incluye todos los hábitats usados y no utilizados por la especie en estudio) y la ***densidad ecológica*** (solamente considera los hábitats utilizados por la especie).
Existen distintas técnicas de estimación de densidad que pueden agruparse en tres grandes grupos:

1) Estimadores absolutos
2) Estimadores relativos
3) Métodos de captura



1) Estimadores absolutos: El número de individuos se refiere a una unidad de área.
1.1. Censo o conteo total: Consiste en contar todos los individuos presentes de una determinada especie en un área dada. El conteo puede realizarse a través de un "barrido" sistemático cubriendo toda el área de interés o bien en el caso de animales de gran tamaño a partir de fotografías aérea (Ej. Guanacos en llanuras áridas de la Patagonia).
1.2. Conteo total en parcelas: Este método se utiliza cuando es poco práctico o imposible contar todos los individuos de una población en un área determinada. El método consiste en ubicar aleatoriamente parcelas dentro del área de interés y contar todos los individuos presentes dentro de cada parcela. Para estimar el tamaño de la población se multiplica el área total ocupada por la población por la densidad promedio obtenida en las parcelas muestreadas (ej. Cirripedios en zonas rocosas costeras).
1.3. Método de línea transecta: El observador recorre una distancia a través del área de estudio en líneas que no deben superponerse ni cruzarse, registrando: el número de individuos vistos, la distancia perpendicular del individuo a la línea de marcha, distancia del individuo al observador y ángulo entre la línea de marcha y la línea que une al individuo con el observador. El método tiene por supuesto que todos los individuos que estén sobre la línea de marcha serán registrados (Probabilidad de ser detectado = 1, para distancia = 0 de la transecta). Este método también se basa en que la probabilidad de avistamiento de un individuo decrece monotónicamente a medida que aumenta la distancia a la línea de marcha, es decir que probabilidad<1 para distancias > 0. El método de estimación es muy útil en terrenos uniformes y poco poblados (Ej. Langostas en un cultivo, aves en un pastizal, liebres patagónicas en la estepa).



1.4. Métodos de distancia: Estos métodos son buenos estimadores de densidad si la población de interés está distribuída al azar en el área de estudio. Por eso, antes de utilizarlos conviene determinar la disposición espacial de la población en el espacio. Son técnicas muy apropiadas para individuos poco móviles o para la estimación de densidad de cuevas, nidos, hormigueros. Para estimar densidad se registran distancias desde individuos a puntos elegidos al azar en una línea de marcha (método del individuo más cercano y método de los cuartos) o distancias entre individuos (método del vecino más cercano).

2) Estimadores relativos: El número de individuos se refiere a otro tipo de unidades (ej. Insectos/hoja, parásitos/huésped, individuos/esfuerzo de captura, individuos vistos/hora o kilómetros recorridos). Estos estimadores de densidad relativa son una herramienta muy útil para detectar cambios a lo largo del tiempo o para comparar densidades en distintas áreas.

2.1. Directos: Los individuos se visualizan directamente (Ej. Ácaros/planta, larvas de parasitoide/huesped).
2.2. Indirectos: Cuando es difícil visualizar directamente a los individuos, su presencia puede inferirse usando indicios indirectos (huellas, cuevas, nidos, heces, sendas, cantos o vocalizaciones).

Cuando se pretende estimar la densidad poblacional de individuos móviles o difíciles de visualizar se realizan capturas. Esta captura en unidades de muestreo como trampas o redes no proporciona una idea de densidad absoluta de la población, sino que se hace relativa al esfuerzo de muestreo realizado (Nº de trampas x Noche, Nº de redes x Hora), obteniéndose una densidad relativa de la población. Entonces, por un lado, se obtiene el número de individuos por unidad de muestreo (trampa, red), y por el otro lado, el número de unidades de muestreo que cabrían en el hábitat utilizado por la población en estudio, es decir estimar el número de individuos en un área determinada. Hay situaciones en que esta última medida es muy trabajosa obtenerla, entonces en esas situaciones se utilizan medidas de abundancia relativa al éxito de captura realizado:

IDR: Indice de densidad relativa = Nº de individuos capturados/esfuerzo de captura

Esfuerzo de captura = Nº trampas x Nº noches
Esta medida es muy útil para comparar abundancias entre distintas especies, entre hábitats distintos o entre diferentes épocas del año.

3)Métodos de captura: Para visualizar a los individuos, debe utilizarse un sistema de trampeo. Estos métodos se usan para poblaciones de animales que presentan movimiento activo (ej. Anfibios, reptiles, mamíferos, aves y artrópodos).



3.1. Métodos de remoción: Estos métodos se basan en remover de la población a todos los individuos capturados. La reducción de la población puede hacerse a partir de métodos de captura viva de individuos o usando métodos de captura múltiple continua, en los cuales los individuos no son devueltos a la población porque mueren en el proceso de captura. Las trampas comúnmente utilizadas en estos últimos métodos son las denominadas “pitfall” o trampas de captura múltiple continuas. Este tipo de trampas permite capturar especies y/o individuos socialmente subordinados, así como detectar diferencias en abundancias en momentos de picos de altas densidades poblacionales porque el sistema de trampeo no llega a saturarse.

Estos métodos son usados en poblaciones de insectos epígeos (terrestres) o en la captura de roedores potencialmente infectados con hantavirus en sitios con actividad antrópica (periferia de viviendas, de galpones de cría de pollos, terrenos baldíos en zonas urbanas y periurbanas).

3.2. Método de Captura-Marcado y Recaptura: El método consiste en capturar individuos vivos con trampas de captura viva o redes, marcarlos con una marca duradera e individual y liberarlos en el mismo sitio donde fueron capturados. La captura en los siguientes días del muestreo consistirá en individuos marcados y no marcados y así se determina la proporción de organismos marcados respecto del total capturado en cada muestreo. La estimación de la densidad poblacional se basa en que la proporción de marcados/no marcados en el muestreo será la misma que en la población. Estos métodos son una herramienta muy útil cuando se desea realizar seguimientos de las poblaciones a lo largo del tiempo (estudios longitudinales) con el fin de detectar variaciones en la dinámica y estructura de las poblaciones y comunidades bajo estudio.



Las marcas más usadas son: Cintas y Anillos (Aves), Pinturas no tóxicas (mamíferos marinos), marcado en frio con nitrógeno líquido (crío-marcado), implantación de microtransmisores (Mamíferos marinos y mamíferos terrestres con extensas áreas de acción), caravanas (ganado, roedores y micro mamíferos), corte de orejas y falanges de las patas (roedores y micromamíferos).
Los requisitos de los métodos de captura-marcado y recaptura (Seber, 1973) son:

- Las muestras tomadas de la población deben ser muestras aleatorias simples.
- Las marcas usadas no deben alterar los mecanismos fisiológicos ni el comportamiento de los individuos que las portan.
- Los individuos marcados no deben ser más vulnerables a la predación por portar la marca que los no marcados. Todos los individuos deben tener la misma probabilidad de ser capturados en cada muestreo independiente.
- La marca debe ser fácilmente reconocible y duradera en el tiempo.
- La población debe ser cerrada (no existe inmigración, emigración, nacimientos y muertes).

Existen distintos métodos que consideran distinto número de ocasiones de captura y marcado. Aquí solo desarrollaremos el más sencillo que consiste en un solo evento de marcado y de recaptura.

- Método de Petersen (o índice de Lincoln)

  Se toman 2 muestras de la población. La primera muestra consiste en contar, marcar y liberar a los individuos capturados. La segunda muestra consiste en anotar el número de individuos marcados y el número total de individuos capturados. Para estimar el tamaño de la población se parte de la equivalencia de las siguientes proporciones:

  $$\frac{n1}{N} = \frac{m2}{n2} \Rightarrow N = \frac{n1 * n2}{m2} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

  N= tamaño estimado de la población.
  n1= número de individuos capturados en el primer muestreo, marcados y liberados.
  n2= número de individuos capturados en el segundo muestreo.
  m2= número de individuos marcados capturados en el segundo muestreo. Número de individuos recapturados en el segundo muestreo.

  Esta estimación es sesgada cuando las muestras son pequeñas. Para corregir el sesgo, se usa una aproximación binomial a la distribución hipergeométrica:

$$N' = \frac{n1 * (n2+1)}{m2+1}$$

Con una varianza $$V' = \frac{n1^2 * (n2+1) * (n2-m2)}{(m2+1)^2 * (m2+2)}$$

E intervalo de confianza del 95 % IC=N' ± 1,96 * $\sqrt{V'}$

Si el número de individuos del segundo muestreo se expresa como una proporción del total de individuos capturados en ese muestreo, entonces el tamaño de la población será:

$$N = \frac{n1}{p} \quad (Ecuación\ 2) \quad porque \quad p = \frac{m2}{n2}$$

Y los límites del intervalo de confianza al 95 % serán:

IC = p ± 1,96 $\sqrt{p*q/n2}$ *donde* $q = 1 - p$

Sustituyendo en la Ecuación 2 los límites del IC para p, se calcula el IC para el tamaño de la población.

Bibliografía:

- Guidelines for the Capture, Handling, and Care of mammals as approved by The American Society of Mammalogists. 1998. Journal of Mammalogy 79 (4) 1416-1431.
- Rabinovich, J.E. 1980. Introducción a la Ecología de las poblaciones animales. CECSA. Ed. Continental. México. Pp 313.
- Seber, G.A.F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Ch. Griffin and Company Limited. London.
- Sutherland, W.J. 2006. Ecological Census Techniques- A Handbook. 2nd Edition. Cambridge University Press, New York. Pp. 432.